

Helsinki 5.8.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

REC'D 10 SEP 2004

WIPO

PCT

Hakija
Applicant

KCI Konecranes Oyj
Hyvinkää

Patenttihakemus nro
Patent application no

20031086

Tekemispäivä
Filing date

17.07.2003

Kansainvälinen luokka
International class

B66C

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä nosturin ohjaamiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Marketta Tehikoski

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A
P.O.Box 1160
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Menetelmä nosturin ohjaamiseksi

Keksinnön tausta

Keksintö koskee menetelmää nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin ohjausjärjestelmästä annetaan nosturin käyttölaitteille nopeuspyyntöjä ohjaussekvensseinä ja nopeuspyynnöt luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään, jolloin kutakin nopeuspyyntöä verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön muuttumisesta riippumatta summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa aikaisempaan nopeuspyyntöön uuden nopeuspyynnön aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi, ja jolloin summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määrittämisajalla ja loput osat viivästettynä.

Edellä kuvattu menetelmä tunnetaan FI-patentista 89155. Tällä menetelmällä estetään tehokkaasti nosturiin kiinnitetyn taakan epätoivottu, nosturin käyttöä ja toimivuutta häiritsevä heilunta nosturia ohjattaessa ja taakkaa siirrettäessä. Siinä nosturin ohjausjärjestelmän ominaisuuksia parannetaan summaamalla tietyllä tavalla yhteen erilaisia taakan kiihdytyksen jälkeisen heilunnan poistavia ohjaussekvenssejä. Tätä menetelmää käytettäessä voidaan kiihdytyksen tavoitteena olevia loppunopeuksia muuttaa satunnaisesti milloin tahansa, myös varsinaisten nopeudenmuutossekvenssien aikana, jolloin uusi haluttu loppunopeus saavutetaan ilman epätoivottua taakan heiluntaa.

Tyypillisesti tunnetussa tekniikassa taakan heilunnan estävä ohjaus muodostuu kahdesta kiihdytyssekvenssistä, joiden välinen aikaero on puolet taakan heilahdusajasta. Toinen helposti määriteltävä ohjaus on käyttää kolmea samansuuruisia, mutta suunnaltaan vaihtelevaa kiihdytyssekvenssiä, joista ensimmäinen on positiivinen, toinen negatiivinen ja kolmas taas positiivinen, siten että sekvenssien suorituksen välinen aika on kuudesosa taakan heilahdusajasta. FI-patentin 89155 mukaisessa menetelmässä nämä itsessään taakan heilunnan estävät ohjaussekvenssit voivat olla erilaisia ja niitä voidaan määrittää rajaton määrä. Oleellista on, että kun niiden määräämät kiihdytykset summataan yhteen, saadaan tuloksena ohjaus, joka estää heilunnan synnyn. Kun kiihdytysten summa valitaan niin, että se toteuttaa halutun nopeudenmuu-

toksen, saadaan tuloksena ohjaus, joka tuottaa nosturin halutun loppunopeuden ilman taakan heiluntaa.

US-patentissa 5 526 946 esitetään samasta aiheesta sovellus, jossa aina nopeuden ohjearvon muuttuessa suoritetaan siitä puolet, ja toinen puoli talletetaan taulukkoon, jossa sen suoritusta viivästetään puolet taakan heilahdusajasta. Tämä FI-patentin 89155 mukaisen menetelmän eräs tietokone-laskennassa edullinen sovellutusmuoto.

Menetelmät, jotka estävät nosturin taakan loppuheilunnan muokkaamalla kiihdytys- ja hidastusramppeja, aiheuttavat ongelmia nosturin pysähtymismatkan arvioinnissa. Kun nosturia kiihdytetään, on vaikea arvioida, minne se tulee pysähtymään kunakin ajanhetkenä, mikäli nopeusohje asetetaan nol-laksi. Tämä vaikeuttaa toiminnan ohjelmointia taakan automaattisessa paikoituksessa sekä toimittaessa lähellä nosturin sallitun liikealueen rajoja.

Lisäksi kun nosturin taakan nostokorkeutta muutetaan, muuttuu samalla taakan heilahdusaika ja myös matka, jonka nosturi liikkuu ennen pysähtymistään. Kun nosturia ollaan kiihdyttämässä ja suuri osa nosturin nopeuden ohjauksesta on talletettuna taulukoihin ja tulee suoritettavaksi viivästettynä, nosturin pysähtymismatkaa on vaikea arvioida. Erityisen ongelmallista tämä on silloin, kun taakan heilurivarsi on pitkä, esimerkiksi useita kymmeniä metrejä, ja taakkaa siirrellään kapeassa ja syvässä tilassa.

Keksinnön yhteenveto

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on näiden epäkohtien poistaminen aikaansaamalla menetelmä, jolla nosturin vaatima pysähtymismatka saadaan lasketuksi mahdollisimman tarkasti.

Asetettuun tavoitteeseen päästään keksinnön mukaisella menetelmällä, jolle on tunnusomaista, että kullakin hetkellä nosturin liikkuma matka ennen sen pysähtymistä ja ilman siihen kiinnitetyn taakan heiluntaa saadaan laskemalla yhteen seuraavat laskentatulokset:

a) pysäytysmatka laskettuna sisäisestä tavoitenopeudesta eli siitä nopeudesta, johon tämän toteuttavan algoritmin ohjaus päättyy, kun talletetut nopeusmuutokset on kokonaan toteutettu, käyttäen valittua hidastusrampia

b) kohdan a) tavoitenopeudesta hidastettaessa, taakan heilunnan estosta aiheutuvasta ja hidastusrampista poikkeavasta nopeusohjauksen osasta laskettu matka, jonka nosturi kulkee vaimennettaessa tällä poikkeavalla nopeusohjauksella varsinaisen hidastusrampin aiheuttama taakan heilunta

c) matka, joka lasketaan ennen pysähtymispäätöstä suoritettavaksi talletetuista nopeudenmuutoksista ja jäljellä olevista suoritusajoista.

Edullisesti talletukset suoritetaan kaksialkioiseen taulukkoon, jossa ensimmäiseen alkioon talletetaan kulloinkin se nopeudenmuutos, joka tulee
5 tietyn heilahdusajan kuluttua suoritettavaksi, ja toiseen alkioon talletetaan se aikamäärä, jonka kuluttua ensimmäisen alkion nopeudenmuutos tai -muutokset suoritetaan.

Hidastusramppina voi olla mikä tahansa ennalta määrätty ramppi, esimerkiksi lineaarinen tai S-käyrän mukainen ramppi.

10 Keksintö perustuu siihen, että kuljettu matka on nopeus integroituna aikaan. Piirrettäessä nopeuskuvaaja voidaan kokonaisnopeuden laskentaan käytetyt osat määrittää erikseen ja laskea niiden integraali ajan suhteen.

Keksinnön mukaisen menetelmän huomattavana etuna on se, että nosturin sallitut liikerajat voidaan käyttää nyt täysin hyväksi ja kiihdyttää tai jarruttaa aina toivotulla tavalla ilman että tarvitsee pelätä taakan osumista heilahduksen seurauksena esimerkiksi bunkkerimaisen tilan seinämiin, sillä keksintö
15 antaa mahdollisuuden laskea kulloisellakin ajanhetkellä nosturin vaatiman pysähtymismatkan ilman taakan heiluntaa hyvin suurella tarkkuudella.

Kuvioluettelo

20 Keksintöä selostetaan nyt lähemmin viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää erästä nosturia kaavamaisesti;

kuvio 2 esittää ohjaussekvenssinä toimivaa nopeussekvenssiä;

kuvio 3 esittää nosturin ohjauksen vuokaaviota; ja

25 kuvio 4 esittää keksinnön mukaista nosturin pysähtymismatkan laskentaa graafisesti.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Keksinnön mukaista menetelmää havainnollistetaan tässä kuvion 1 esittämän yksinkertaisen siltanosturin 1 yhteydessä, vaikka kyseessä voi olla
30 mikä tahansa muu nosturi, jossa nostettava taakka pääsee heilahtelemaan.

Kuvion 1 mukaisen siltanosturin 1 nostovaunu 2 on sovitettu liikuteltavaksi siltapalkkia 3 pitkin, joka puolestaan on siirrettävissä siltapalkin 3 pätyihin järjestettyjä päätypalkkeja 4 ja 5 pitkin kohtisuorasti nostovaunun 2 liikkeen suhteen. Nostovaunuun 2 on ripustettu nostoköysi 6, jonka päässä sijaitsee nostoelin 7, tässä tapauksessa nostokoukku. Nostokoukkuun 7 on sitten
35

nostoliinon 7a avulla kiinnitetty nostettava taakka 8. Jokaista taakan 8 vaihtelevaa nostokorkeutta l_i ($i = 1, 2, \dots$) vastaa kullekin nostokorkeudelle l_i ominainen heilahdusaika T , jolloin taakan 8 heilahdusaika saadaan kaavasta:

5
$$T = 2\pi (l_i/g)^{1/2}, \text{ missä } g = \text{maan vetovoiman kiihtyvyys.}$$

Nosturia 1 ohjataan nosturin ohjausjärjestelmästä 9 erilaisilla ohjaussekvensseillä 10, joista eräs yksinkertainen esimerkki on esitetty kuviossa 2. Kuviossa 2 esiintyvä ohjaussekvenssi 10 on nopeusvektori $v(t)$, joka on esitetty
10 ajan t funktiona. Ohjaussekvenssi 10 kohdistetaan ohjaamaan nostovaunun 2 käyttölaitetta 11 tai nostovaunua 2 kannattavan siltapalkin 3 käyttölaitetta 12. Käyttölaitteina ovat tyypillisesti sähkömoottorikäytöt taajuusmuuttajineen.

Kuviossa 3 on esitetty vuokaavio, joka kuvaa keksinnön lähtökohtana olevaa menetelmää nosturin ohjaamiseksi. Nosturin 1 käyttäjä antaa ohjausjärjestelmästä 9 nosturin 1 käyttölaitteille 11, 12 nopeuspyyntöjä V_{ref} ohjaussekvensseinä 10. Nopeuspyynnöt V_{ref} luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään 9, minkä jälkeen kutakin nopeuspyyntöä V_{ref} verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön V_{ref} ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi (joko + tai -merkkinen) vastaavalle nopeuden muutok-
20 selle, minkä jälkeen nopeuspyynnön V_{ref} muuttumisesta riippumatta summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa dV aikaisempaan nopeuspyyntöön V_{ref} uuden nopeuspyynnön V_{ref2} aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi V_{ref2} . Summattujen
25 kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määrittämiselle ja loput osat viivästettynä. Tätä edellä kuvattua menetelmää on selostettu tarkemmin FI-patentissa 89155, joten sen yksityiskohtia, kuten sinänsä tunnettua nopeus- tai kiihdytyssekvenssien summaamista ei ryhdytä sen tarkemmin selostamaan, vaan viitataan mm. edellä
30 mainittuun patenttiin.

Keksinnön mukaisen, nosturin 1 pysähtymismatkan laskentaan käytettävän menetelmän kuvaamiseen käytetään nyt esimerkkinä tapausta, jossa nosturin 1 ohjaus muodostetaan siten, että kullakin nosturin 1 ohjauksen säätövälinällä (kuvion 3 mukainen jakso) muodostetaan nopeussekvenssi $v(t)$, joka
35 itsenäisenä toteuttaa sarjan nopeudenmuutoksia, joista kukin voidaan suorittaa yhden säätövälin aikana, ja käytetty sekvenssi muodostuu kahdesta kiihdytys-

pulssista, joiden välinen aika on puolet taakan 8 heilahdusajasta T . Tällainen sekvenssi on yleisesti tunnettu. Sekvenssistä suoritetaan sen muodostamisen hetkellä ensimmäinen osa, ja toinen osa talletetaan suoritustaulukkoon (ei esitetty piirustuksissa) esimerkiksi kahtena lukuna, joista ensimmäinen kuvaa aikaa, jonka kuluttua viivästetty sekvenssi suoritetaan, ja toinen kuvaa viivästetyn sekvenssin osan suuruutta.

Aika, jonka kuluttua umpeen muutokset suoritetaan, kuvataan lukuna, määritellään siten, että esimerkiksi T_{SP} kuvaa taakan 8 täyttä heilahdusjaksoa. Aina kun taulukon alkia käsitellään, lasketaan kulunutta aikaa kuvaava luku T_{step} , joka saadaan kaavasta:

$$T_{step} = D/T * T_{SP},$$

missä D = säätöväli (näyteväli), ja

T = edellä esitetty taakan 8 heilahdusaika

Kun uusi sekvenssi talletetaan taulukkoon, nollataan kulunutta aikaa T_{step} kuvaava taulukon osa. Aina taulukoiden läpikäynnin yhteydessä kulunutta aikaa T_{step} kuvaavan taulukon riviin lisätään edellä olevalla kaavalla laskettu luku, joka kuvaa säätövälin D aikana kulunutta osaa kokonaisesta taakan 8 heilahdusajasta T . Kun alkion arvo kasvaa lukuun, joka on se osa kokonaisesta heilahdusjaksosta T_{SP} , jolla talletettua nopeuden muutosta on haluttu viivastää, suoritetaan tämä nopeuden ohjaus ja nollataan nämä taulukon alkiot.

Näin edellä kuvatuissa taulukoissa on tiedossa talletettujen nopeuden muutosten suuruus ja kesto. Kesto saadaan skaalattua kullekin taakan 8 nostokorkeudelle (eli heilahdusajalle T) jakamalla ennen suoritusaikaa jäljellä oleva aika luvulla T_{SP} ja kertomalla nykyisellä heilahdusajalla. Sisäisestä tavoitenopeudesta voidaan laskea matka s_1 , jonka nosturi 1 kulkisi ennen pysähtymistään. Jos käytössä on lineaarinen hidastusramppi, tämä matka saadaan kaavasta:

$$s_1 = v * t_{dec}/2, \text{ missä } v = \text{nopeus ja } t_{dec} = \text{hidastusaika}$$

Jos käytetään kahden pulssin ohjausta, on heilahduksen vaimennuksen aiheuttama lisämatka s_2 laskettavissa kaavalla:

$$s_2 = v * 2 * T/2,$$

koska ohjaus suoritetaan kahdessa osassa, joista jälkimmäistä viivästetään puolet heilahdusajasta T.

Taulukkoihin talletetuista nopeuden muutoksista saadaan lisäksi
 5 matka
 $s_3 = \sum (\text{jäljellä oleva aika ennen suoritusta} * \text{suoritettava nopeudenmuutos}).$

Kokonaismatka s, jonka kuluttua nosturi 1 pysähtyy, saadaan laskemalla yhteen kaikki edellä lasketut matkat eli:
 10

$$s = s_1 + s_2 + s_3.$$

Nosturin 1 kulkemaa, ennen pysähtymistään kulkemaa matkaa on
 15 esitetty graafisesti kuviossa 4.

Edellä kiihtyvyydestä puhuttaessa tulee kiihtyvyys ymmärtää sekä positiivisen että negatiivisen etumerkin sisältävänä, toisin sanoen sekä sananmukaisena kiihtyvyytenä ja sille vastakkaissuuntaisena jarrutusvaikutuksena.

20 Vaikka edellä kuvattu menetelmä kuvaakin hyvin nosturin ennen pysähtymistään kulkemaa matkaa, on sen tulosta usein käytännössä korjattava, koska nosturin siirtomootoreiden nopeus ei täysin seuraa ideaalista nopeusohjausta, laskennassa aiheutuu viiveitä, ja nosturin paikan laskennassa, jonka perusteella paikoitus yleensä tehdään, esiintyy myös viivettä. Lisäksi taakkaa
 25 saatetaan nostaa tai laskea hidastuksen aikana. Näitä tekijöitä on käytännön sovelluksissa kompensoitava erilaisin nosturin nopeudesta, taakan nopeudesta ja heilahdusajasta laskettavin korjauksin.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin (1) ohjausjärjestelmästä (9) annetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) nopeuspyyntöjä ohjaussekvensseinä (10) ja nopeuspyynnöt (V_{ref}) luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään, jolloin

5 kutakin nopeuspyyntöä (V_{ref}) verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön muuttumisesta riippumatta

10 summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa (dV) aikaisempaan nopeuspyyntöön uuden nopeuspyynnön (V_{ref2}) aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi, ja jolloin

15 summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määrittämisellä ja loput osat viivästetynä,

20 **tunnettu** siitä, että kullakin hetkellä nosturin liikkuma matka (s) ennen sen pysähtymistä ja ilman siihen kiinnitetyn taakan (8) heiluntaa saadaan laskemalla yhteen seuraavat laskentatulokset:

a) pysäytysmatka (s_1) laskettuna sisäisestä tavoitenopeudesta eli siitä nopeudesta, johon tämän toteuttavan algoritmin ohjaus päättyy, kun talletetut nopeusmuutokset on kokonaan toteutettu, käyttäen valittua hidastusrampia

25 b) kohdan a) tavoitenopeudesta hidastettaessa, taakan (8) heilunnan estosta aiheutuvasta ja hidastusrampista poikkeavasta nopeusohjauksen osasta laskettu matka (s_2), jonka nosturi kulkee vaimennettaessa tällä poikkeavalla nopeusohjauksella varsinaisen hidastusrampin aiheuttama taakan heilunta

30 c) matka (s_3), joka lasketaan ennen pysähtymispäätöstä suoritettavaksi talletetuista nopeudenmuutoksista ja jäljellä olevista suoritusajoista.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että talletukset suoritetaan kaksialkioiseen taulukkoon, jossa ensimmäiseen alkioon talletetaan kulloinkin se nopeudenmuutos, joka tulee tietyn heilahdusajan kuluttua suoritettavaksi, ja toiseen alkioon talletetaan se aikamäärä, jonka kuluttua ensimmäisen alkion nopeudenmuutos tai -muutokset suoritetaan.

(57) Tiivistelmä

Keksintö koskee menetelmää nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä kullakin hetkellä nosturin liikkuma matka (s) ennen sen pysähtymistä ja ilman siihen kiinnitetyn taakan heiluntaa saadaan laskemalla yhteen pysäytysmatka (s_1) laskettuna sisäisestä tavoitenopeudesta eli siitä nopeudesta, johon tämän toteuttavan algoritmin ohjaus päättyy, kun talletetut nopeusmuutokset on kokonaan toteutettu, käyttäen valittua hidastusramppia; tavoitenopeudesta hidastettaessa, taakan heilunnan estosta aiheutuvasta ja hidastusrampista poikkeavasta nopeusohjauksen osasta laskettu matka (s_2), jonka nosturi kulkee vaimennettaessa tällä poikkeavalla nopeusohjauksella varsinaisen hidastusrampin aiheuttama taakan heilunta; sekä matka (s_3), joka lasketaan ennen pysähtymispäätöstä suoritettavaksi talletetuista nopeudenmuutoksista ja jäljellä olevista suoritussajoista.

(Kuvio 4)

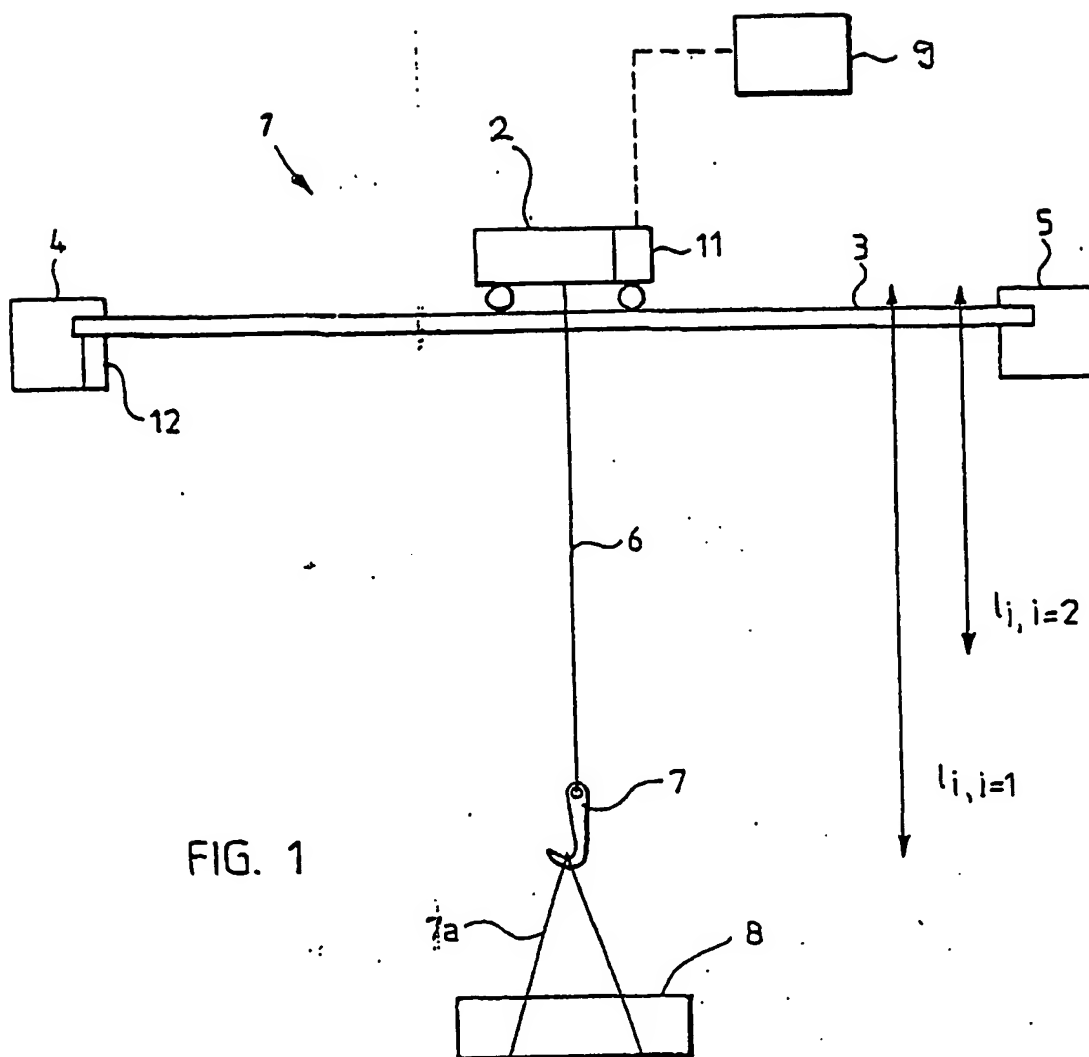


FIG. 1

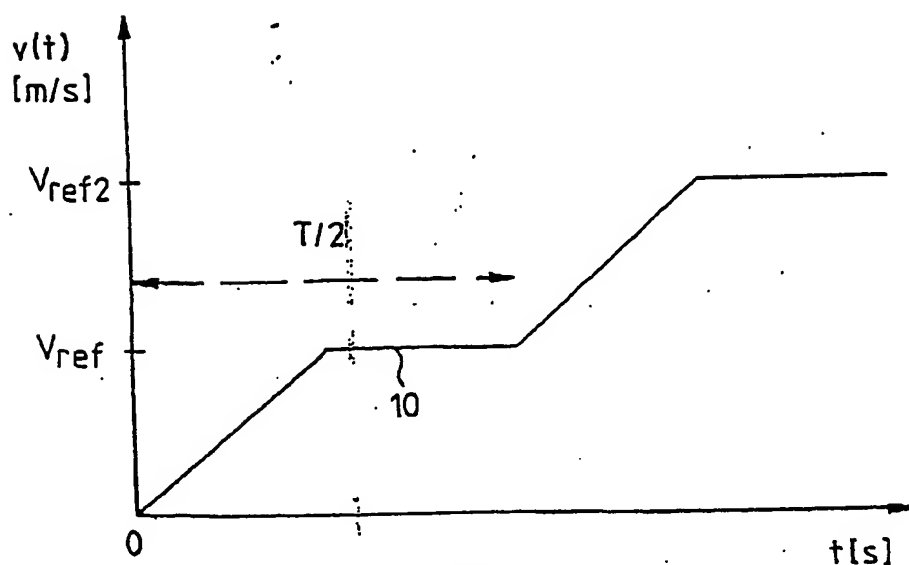


FIG. 2

15

2

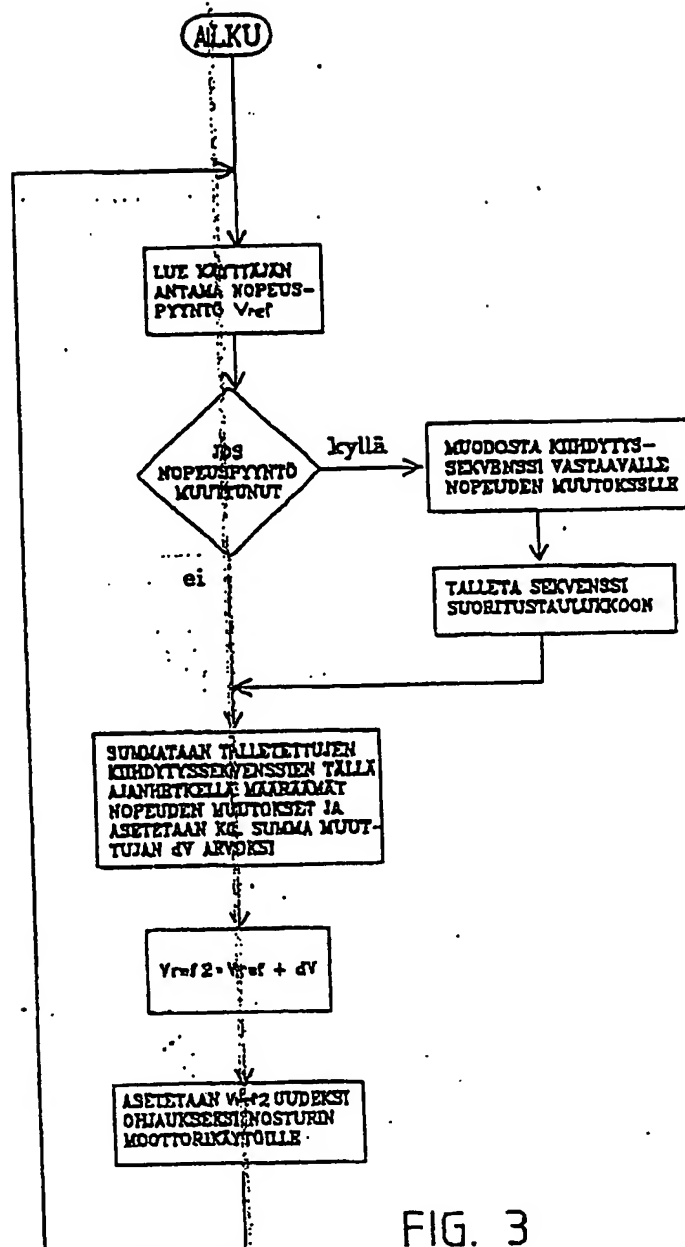


FIG. 3

15

3

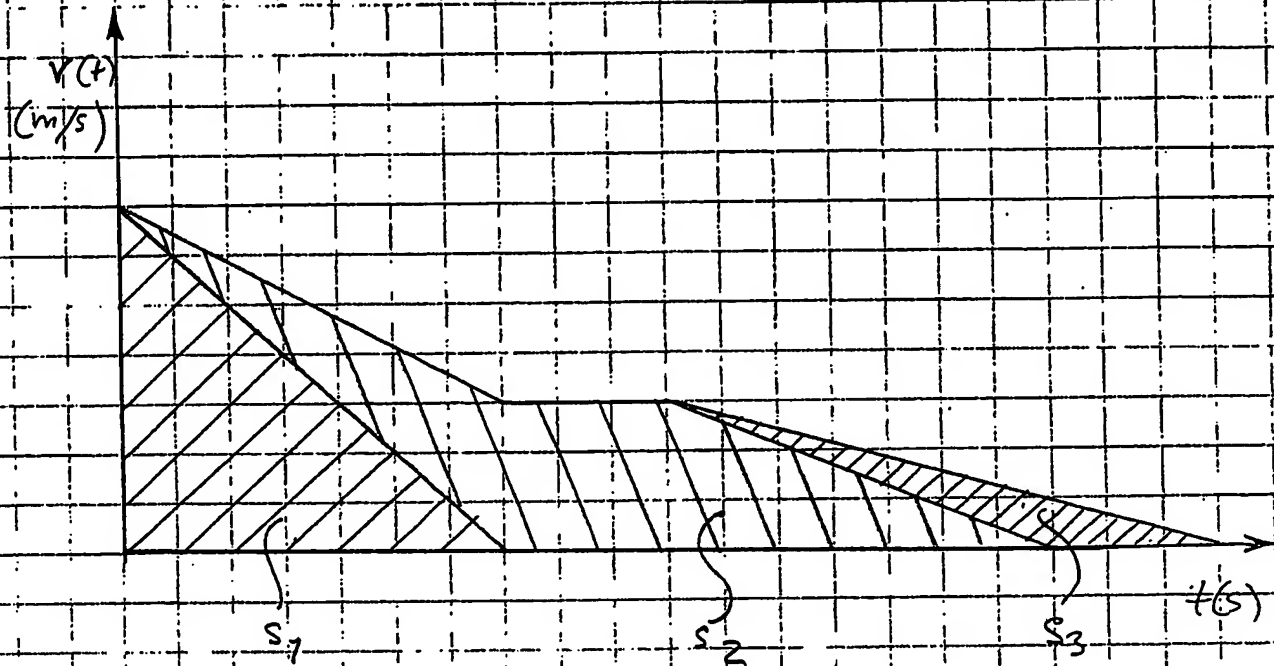


FIG. 21